

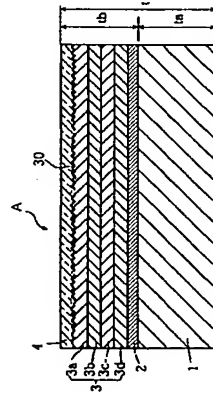
(51) 申込記号	FI	募集要項 請求項の数17 O L (全 9 頁)
H01L 33/00	H01L 33/00	
H01S 3/18	H01S 3/18	
(21) 出願番号	特願平9-332727	(71) 出願人
(22) 出願日	平成9年(1997)12月3日	ローム株式会社
		京都府京都市右京区西院清崎町1番地
		尺田 幸男
		京都市右京区西院清崎町1番地 ローム株
		式会社内
		(72) 発明者
		松本 幸生
		京都市右京区西院清崎町1番地 ローム株
		式会社内
		(72) 発明者
		中田 俊次
		京都市右京区西院清崎町1番地 ローム株
		式会社内
		(74) 代理人
		井理士 吉田 稔 (外2名)
		京橋区に属す

(54) 【発明の名称】 光半導体チップおよび光半導体チップの製造方法

【味鹽】〔25〕

【課題】 光半導体チップ本来の機能を悪化させるようなことなく、光半導体チップの薄型化を図れるようにする。

【解決手段】化合物半導体の結晶からなる半導体積層部33を備えた光半導体チップであって、上記半導体積層部33は、その結晶成長に用いられた基板とは異なる代替支持材1に投着されており、かつ上記半導体積層部33から上記基板が除去されている。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 化合物半導体の結品からなる半導体積層部を備えた光半導体チップであって、

上記半導体積層部は、その結晶成長に用いられた基板と異質な代替支持材に接合されており、かつ上記半導体積層部から上記基板が除去されていることを特徴とする、光半導体チップ。

【請求項2】 上記代替支持材は、合成樹脂製フィルムまたは金属製フィルムなどのフィルムである、請求項1に記載の光半導体チップ。

【請求項3】 上記代替支持材は、上記半導体積層部に金属などの所望の材料を膜状に付着形成することによって構成されている、請求項1に記載の光半導体チップ。

【請求項4】 上記代替支持材は、可換性を有している、請求項1ないし3のいずれかに記載の光半導体チップ。

【請求項5】 上記代替支持材は、導電性を有している、請求項1ないし4のいずれかに記載の光半導体チップ。

【請求項6】 上記半導体積層部は発光ダイオードとして構成され、全体がLEDチップとして形成されている、請求項1ないし5のいずれかに記載の光半導体チップ

ア。【請求項7】 上記半導体積層部と上記代替支持材との間には、上記代替支持材よりも光反射率の高い光反射層

【請求項8】上記光反射層は、光沢を有する金属膜である、請求項7に記載の光半導体チップ。

【請求項9】 上記半導体積層部の上記代替支持材が接合されている面とは反対の面が、凹凸の粗面とされておらず、平滑面とされている、請求項6ないし8のいずれかに記載の光半導体装置。

【請求項10】 上記半導体積層部の上記代替材料が、  
差違されている面とは反対の面の全面またはその一部に、  
透光性を有する電極が設けられている、請求項6な  
いし9のいずれかに記載の光半導体チップ。

【請求項 11】 上記電極は、金の薄膜層である、請求項 10 に記載の光半導体チップ。

【請求項 12】 上記代替支持材は、透光性を有している、請求項6に記載の光半導体チップ。

【請求項13】 上記半導体積層部はレーザダイオードとして構成され、全体がDチップとして形成されている、請求項1ないし4のいずれかに記載の光半導体チップ。

【請求項14】 一定面積を有する基板上に化合物半導体の結晶からなる半導体積層部を形成する工程を有して、光半導体チップの製造方法であって、

上記半導体積層部に代替支持材を接合する工程と、  
上記半導体積層部から上記基板を除去する工程と、  
上記代替支持材および上記半導体積層部を切断して複数

のチップに分割する工程と、  
を有していることを特徴とする  
方法。

【請求項15】 上記基板は、GaAs基板、GaP基板、GaAlAs基板、もしくはSi基板などの半導体基板、またはアルミナ基板である、請求項14に記載の光半導体チップの製造方法。

【請求項16】 上記半導体積層部から上記基板を除く工程は、上記基板をエッチング液を用いてエッチングする工程、または上記基板を研削する工程である、請求項14または15に記載の光半導体チップの製造方法。

【請求項17】 請求項14ないし16のいずれかに記載の光半導体チップの製造方法によって製造されたことを特徴とする、光半導体チップ。

【発明の詳細な説明】

【100】

【技術分野】 本願発明は、LED（発光ダイオード）チップやLD（レーザダイオード）チップなどの光半導体チップ、および光半導体チップの製造方法に関する。

**[0002]**

【従来の技術】従来のLEDチップの一般的な構造を、図14に示す。この従来のLEDチップは、基板9の片面に半導体積層部90を形成したものであり、この半導体積層部90は、n型半導体層90a、発光層90b、

およびP型半

この層はガリウムを含む1100-1300℃風化物半導体を結晶成長させたものであり、この結晶成長が列挙良くかつ適切に行われる必要がある、上記結晶層9を用いている、またガリウム窒素などの半導体基板が用いられている。また、上記LEDチップを製造するには、上記半導体基板となるウェハの表面の広い範囲に化合物半導体を結晶成長させてから、その後上記ウェハを切断し、複数のチップ長に分割する。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記従来のLEDチップでは、次のような不具合があった。

【0004】すなわち、近年において、LEDチップの使用用途は未だ拡大の一途を辿っているのが実情であ

こと強く要請される場合がある。

【0005】ところが、従来のLEDチップは、その半導体積層部90の厚みも1はたとえば10μm程度の薄層構造であるのに対し、上記基板9の厚みも2は上記半導体積層部90と比較すると桁はずれに大きな寸法とな

っていた。すなわち、上記基板9は、元々はウェハとして形成されていたものであるために、そのウェハとしてかなり厚めのウェハを用いた場合であっても、その厚みは2.00 $\mu\text{m}$ ～3.00 $\mu\text{m}$ 以上の厚みとなっていた。このため、従来では、LEDチップの全体の厚みも3をたため2.00 $\mu\text{m}$ 程度以下にすることは事実上困難となっており、その薄型化を充分に図ることができなかった。その結果、従来では、たとえ薄手のICカードの内部にLEDチップを要領よく適切に組み込むことが難しくなるという不具合を生じる場合があった。[0006]また、このような不具合は、LEDチップに限らず、LEDチップなどの他の光半導体チップにおいても、同様に生じていた。

[0007]本発明は、このような事情のもとで考え出されたものであって、光半導体チップ本来の機能を悪化させるようなことなく、光半導体チップの薄型化が図られるようにすることをその課題としている。

[0008]

【発明の開示】上記の課題を解決するため、本発明では、次の技術的手段を講じている。

[0009]本発明の第1の側面によれば、光半導体チップが提供される。この光半導体チップは、化合物半導体の結晶からなる半導体積層部を備えた光半導体チップであって、上記半導体積層部に、その結晶成長に用いられた基板とは異なる代替支持材に接合されており、かつ上記半導体積層部から上記基板が除去されていることに特徴づけられる。

[0010]上記半導体積層部を発光ダイオードとして構成することにより、本発明では、LEDチップとしての光半導体チップを提供することができ、また、上記半導体積層部をレーザダイオードとして構成することにより、LEDチップとしての光半導体チップを提供することもできる。

[0011]上記代替支持材としては、合成樹脂製フィルムまたは金属製フィルムなどのフィルムを用いることができる。また、本発明では、これに代えて、上記代替支持材は、上記半導体積層部に金属などの所望の材料を膜状に付着形成することによって形成された構成とすることもできる。

[0012]本発明によって提供される光半導体チップは、化合物半導体の結晶成長に用いられた基板が半導体積層部から除去された構造であるために、結晶成長用のウェハから形成される結晶成長用の基板の厚みに原因して、光半導体チップ全体の厚みが大きくなることは無い。一方、上記半導体チップとは異なる、結晶成長用の代替支持材が接合されているが、この代替支持材は、結晶成長用の基板とは異なる、ウェハなどから形成する必要はなく、たとえ薄手のフィルムを用いるなどして、上記基板よりもかなり薄い法にすることができ、したがって、

材料の方向に進んだ光の多くが代替支持材によって吸収されるようなことを無くし、それらの光を光反射層によって効率よく逆方向に反射させることができる。したがって、半導体積層部の代替支持材が接合されている面とは反対の面からは、多量の光を放出させることができ、その面の輝度を高めることが可能となる。

[0020]本発明の他の好ましい実施の形態では、上記半導体積層部の上記代替支持材が接合されている面とは反対の面が、凹凸状の粗面とされている構成とすることができ、

[0021]このような構成によれば、半導体積層部から発せられる光が上記凹凸状の粗面を通過するときに散乱することとなる。したがって、この光の散乱効果によって、光半導体チップの輝度を高めることが可能となる。

[0022]本発明の他の好ましい実施の形態では、上記半導体積層部の上記代替支持材が接合されている面とは反対の面の全面またはその一部には、透光性を有する電極が設けられている構成とすることができ、

[0023]このような構成によれば、上記電極を利用して光半導体チップへの電気接続が図れることは勿論のこと、上記電極は透光性を有しているために、この電極が形成されている半導体積層部の面から、外部へ向けて光を適切に放出させることもできる。

[0024]本発明の他の好ましい実施の形態では、上記電極は、金の薄膜層である構成とすることができ、このように構成によれば、導電性が高く、またその表面に酸化を発生し難いという金の特性により、この電極への電気配線接続をより適切に行うことが可能となる。なお、金は、本来には不透明であるが、その厚みを十分に小さくすることによって、透明性を果たせることが可能である。

[0025]本発明の他の好ましい実施の形態では、上記代替支持材は、透光性を有している構成とすることができ、

[0026]このような構成によれば、半導体積層部から発せられた光が代替支持材を透過して外部に放出することが可能となり、光半導体チップの両面から光を放出させることができる。すなわち、1つの光半導体チップで、2方向に光を放出させることができることとなる。したがって、光半導体チップの使用用途の一層の拡大が図れることとなる。

[0027]本発明の第2の側面によれば、光半導体チップの製造方法が提供される。この光半導体チップの製造方法は、一定面積を有する基板上に化合物半導体の結晶からなる半導体積層部を形成する工程を有している。光半導体チップの製造方法であって、上記半導体積層部上に代替支持材を接合する工程と、上記半導体積層部から上記基板を除去する工程と、上記代替支持材および半導体積層部を切断して複数のチップに分割する工程

と、を有していることに特徴づけられる。

[0028]上記基板は、GaAs基板、GaP基板、GaAlAs基板、もしくはS<sub>1</sub>基板などの半導体基板、またはアルミナ基板である構成とすることができ、上記半導体基板は、いわゆる赤色LED、緑色LED、青色LED、黄色LED、赤外LEDなどを構成するGaP、GaAs、GaAsP、GaAlAs、InGaAlPなどの化合物半導体の結晶成長を行わせるのに好適である。また、アルミナ基板は、いわゆる青色LEDを構成するGaNなどの化合物半導体の結晶成長を行わせるのに好適である。また、上記半導体積層部から上記基板を除去する工程は、上記基板をエッチング液を用いてエッチングする工程、または上記基板を研削する工程である構成とすることができ、

[0029]本発明の第2の側面によっても提供される光半導体チップの製造方法によれば、本発明の第1の側面によって提供される光半導体チップを適切に、かつ効率よく製造することができ、

[0030]

【発明の実施の形態】以下、本発明の好ましい実施の形態について、図面を参照しつつ具体的に説明する。

[0031]図1は、本発明に係る光半導体チップの具体例としてのLEDチップの一例を示す断面図である。

[0032]図面に示すLEDチップAは、代替支持材1の片面上に、光反射層2、半導体積層部3、および電極4が電気的接合して設けられた構造を有しており、上記半導体積層部3が発光ダイオードとして構成されている。このLEDチップAは、上記半導体積層部3を構成する化合物半導体を結晶成長させるのに用いられた後述の基板が上記半導体積層部3から除去された構造となっている。

[0033]上記代替支持材1は、たとえば厚み $a$ が10 $\mu\text{m}$ ～100 $\mu\text{m}$ 程度の薄肉の導電性フィルムであり、合成樹脂製フィルムに金属粒子などの導電性粒子を練り込むなどしてそのフィルム各所に導電性を付与したものである。この代替支持材1は、可塑性を有している。

[0034]上記光反射層2は、Ag、Cr、Ti、あるいはその他の光沢を有する金属の同膜層であり、後述するように、蒸着あるいはスパッタリングなどによって所定の金属を成膜して形成された部分である。この光反射層2の表面の光反射率は、上記代替支持材1の表面の光反射率も高い。

[0035]上記半導体積層部3は、従来既知の発光ダイオードと同様に構成される。この半導体積層部3は、ガリウムを含むI<sub>1</sub>b-V<sub>1</sub>b<sub>2</sub>化合物半導体の単結晶品を利用したものであり、たとえば、砒化ガンのGaP、3d、p型InGaAlP層3c、発光層3b、およびn型InGaAlP層3aが積層された構造となっており、

いる。上記発光部3bは、InGaAlPの層である。また、この半導体積層部3の最外層であるn型InGaAlP層3aの表面は略平面状であり、略平面状に凹凸を有する層とされている。この表面30の凹凸は、たとえば1μm以内とされている。

[0036] 上記電極4は、たとえば金(Au)の薄膜層であり、上記n型InGaAlP層3aの表面の全面に金を蒸着あるいはスパッタリングなどによって形成された部分である。この金製の電極4は、その厚みがたとえば100Å程度であり、透光性を有している。

[0037] 上記LEDチップAは、たとえば0.3mm角のチップ片として形成されている。また、上記光反射層2、半導体積層部3、および電極4のトータルの厚みは、5〜10μm程度であり、代替支持材1をも含めた全体の厚みは、110μm程度以下の範囲の寸法とされている。

[0038] 次に、上記LEDチップAの製造方法について、図2ないし図8を参照しながら説明する。

[0039] まず、図2に示すように、GaAs基板5の表面上に、複数の半導体積層部3a〜3dを結晶成長させて、発光ダイオードとなる半導体積層部3を作製する。この結晶成長は、たとえば有機金属化学気相成長法(MOCVD法)によって行えばよく、この成長法によって発光ダイオードを構成する所定の化合物半導体の単結晶を、基板5は、ウェハとして形成されたものであって、その厚みは200μm〜300μm以上である。上記半導体積層部3は、このウェハの表面の全面に作製する。

[0040] 次に、図3に示すように、上記半導体積層部3の最上層のGaP層30の表面に、光沢を有する所定のA系やC系などの金属を蒸着またはスパッタリングによって成膜し、光反射層2を作製する。その後は、図4に示すように、上記光反射層2の表面の全面に、代替支持材1'を接合させる。この代替支持材1'は、上記ウェハと同様なサイズまたはそれより大きなサイズに形成されたフィルムである。この代替支持材1'は、先に説明した代替支持材1となる部分であり、導電性および可塑性を有し、またその厚みは10μm〜100μm程度のものである。上記光反射層2に代替支持材1'を接合させる手段としては、接合剤を用いてもよいし、あるいは上記代替支持材1'を加熱して軟化させることあるいは上記代替支持材1'を加熱して軟化させることにより粘着性をもたせ、熱圧着するといった手段を採用することでもでき、本発明ではいづれであってもよい。

[0041] 上記代替支持材1'の接合作業後は、図5に示すように、結晶成長に用いられたGaAs基板5とを、上記GaAs基板5をアンモニア過酸化熱水とを混合したエッチング処理液に浸漬させるエッチング処理によって行うことができれば、また、このようなエッチング処理に代えて、たとえば上記GaAs基板5を機械

子部60と導通している。また、上記回路基板6の上面に設けられた起立部61には、金属製のバネ板状の端子部62の一端部が支持されており、この端子部62の他端部は上記LEDチップAの電極4の表面に接触し、その端子部62の弾力性によってその接触状態が維持されるように構成されている。上記LEDチップAや端子部62は、たとえばエポキシ樹脂などの透明な封止樹脂63によって覆われている。なお、上記端子部60にLEDチップAをボンディングする手段としては、導電性接合剤を用いる手段、あるいは上記代替支持材1を加熱しながら加圧する熱圧着手段を用いることができる。

[0048] 上記導着手段は、LEDチップAの代替支持材1をそのまま電極として利用しているために、このLEDチップAに必要な2つの電極のうち、1つの電極についてはその作製を省略することができる。また、上記LEDチップAには、端子部62をその弾力性を利用して接触させているために、上記LEDチップAにワイヤボンディングを行う場合と比較すると、次のような利点を得られる。すなわち、上記LEDチップAの電極4にワイヤボンディング作業を行ったのでは、ワイヤボンディングのキャビラリがLEDチップAの上面をかなり大きな圧力で押しつけることとなる。これに対し、上記積層部は、端子部62を電極4に接触させているに過ぎないために、LEDチップAが大きな圧力を受けまいようにすることができ、LEDチップAに機械的なダメージを生じさせない点で有利となる。とくに、上記電極4は、電気接続性の良好な金製であるために、端子部62との接触圧をそれほど大きくしなくても、導電性の良好な電気接続が行えることとなる。また、ワイヤボンディングの場合には、ワイヤの一部がLEDチップAとの接合部分から一定法だけ上方に延びるためとなり、回路基板6の上方にワイヤが高張った構造となるが、上記積層部では、端子部62を略水平状に設定することによって、この端子部62の高さをLEDチップAの高さと同程度に設定できる。したがって、LEDチップAの実装部分およびそれに関連する電気接続部分の全体の厚みを小さくする上でも、有利となる。

[0049] さらに、上記積層部では、LEDチップAや端子部62などの各部を、封止樹脂63によって適切に保護することができるに加え、この封止樹脂63の存在によって端子部62と電極4との位置関係を固定させる、それらの導通状態を適切に維持しておくこともできる。むしろ、LEDチップAや端子部62の全体を樹脂で封止する手段に代えて、電極4と端子部62との接触部分のみを樹脂封止する手段を採用してもかまわない。

[0050] 上記LEDチップAを上記図9に示すように実装した状態において、電極4と代替支持材1との間に電流を流すと、半導体積層部3の発光部3bからその上下方向に向けて光が放出される。これらの光のうち、上向きの光は、そのまま透明の電極4および封止樹脂6

3を透過して上方に進行する。これに対し、下向きの光は、光反射層2の表面に到達すると、高い反射率で上方へ向けて反射され、その後は電極4や封止樹脂63を透過してやはり上方に進行する。したがって、発光部3bから放出された光が代替支持材1に吸収されることを解消し、LEDチップAの上面からの放出光量を多くすることをできる。また、半導体積層部3の内部の光がn型InGaAlP層3aの粗面状の表面30を通過するとときには、その光は散乱状態となる。したがって、上記LEDチップAの輝度をより高めることが可能となる。

[0051] 図10ないし図13は、本発明に係る半導体チップの他の例をそれぞれ示し、図10ないし図12は断面図であり、図13は斜視図である。なお、図1は同一符号で示し、その説明は省略する。

[0052] 図10に示すLEDチップAaは、先の実施形態のLEDチップAとは異なり、透光性を有する電極4aを半導体積層部3上に部分的に設けた構成である。このような構成のLEDチップAaは、蒸着またはスパッタリングによって金を上記半導体積層部3の表面に成膜させるときにその表面にマスクングを行い、この表面30の所定部分にのみ金を成膜されるようにすればよい。上記LEDチップAaにおいては、先の実施形態のLEDチップAと同様に、上記電極4aの上面に上記端子部62を接触させた図9に示す構造の電気接続を行うことができる。むしろ、本発明は、光半導体チップの電気接続構造の構成を一切同じものではない。したがって、上記電極4aに金線などのワイヤボンディングを施してもなんらかまわない。

[0053] 図11に示すLEDチップAbは、代替支持材1aとして、表面に光沢を有する金属フィルムを用いている。このような構成によれば、先の2つのLEDチップA、Aaとは異なり、代替支持材1aの表面に光反射層2をわざわざ設けることなく、半導体積層部3から発せられた光を上記代替支持材1aの表面によって上方へ効率良く反射させることができることとなる。また、導電性を有する金属フィルムを用いれば、上記代替支持材1aをそのまま半導体積層部3の電極として利用することもできる。

[0054] 図12に示すLEDチップAcは、代替支持材1bとして、透明フィルムを用いている。このような構成によれば、半導体積層部3の発光部3bから発せられた光の一部をその上面から外部へ放出させることができるとともに、光の他の一部を代替支持材1bを透過させてその下面から外部へ放出させることも可能となり、LEDチップAcの上下両面から光を放出させることができる。

[0055] このように、本発明では、代替支持材の具体的な材質などは限定されず、種々のものを用いることが可能である。代替支持材を合成樹脂製フィルムや金

層膜フィルムなどによって形成すれば、それらの材料コストを安面でき、またその製造も容易となる利点が見られる。ただし、本願発明はこれに限定されない。本願発明では、たとえば半導体積層部3の片面に、金属などの材料を蒸着またはスパッタリングなどによって成膜した膜を形成し、これを代替支持材としてもよい。

【0056】図13に示す光半導体チップAaは、LEDチップとして構成されたものであり、代替支持材1c上にレーザダイオードを構成する半導体積層部3Aが接合された構造となっている。上記半導体積層部3Aは、n型半導体層3e、活性層3f、およびp型半導体層3gなどを有するものであり、それらの互み方向に所定の電流を流すことによってレーザ発光が可能に構成されている。上記半導体積層部3Aは、先に説明したLEDチップの半導体積層部と同様に、化合物半導体を所定の基板上で結晶成長させることにより製造されるものである。このLEDチップAaでは、やはりその結晶成長に利用された基板は除去されており、その代わりに、代替支持材1cを具備している。この代替支持材1cとして、先に説明したLEDチップの場合と同様に、種々の材質のものを用いることができる。また、半導体積層部3Aの上面には、必要に応じて電極が形成される。

【0057】上記LEDチップAaにおいても、先のLEDチップAと同様に、結晶成長に利用された基板が除去され、それに代えて薄手の代替支持材1cが設けられていることにより、全体の厚みをかなり小さくすることができ、また、代替支持材1cの存在によって、LEDチップ全体の強度を高めておくことができ、その取り扱い時において各部分が容易に損壊するといった不具合も無くすることが可能となる。

【0058】このように、本願発明に係る光半導体チップは、LEDチップとして構成するに限らず、LEDチップとして構成することもできる。要は、化合物半導体の結晶からなる半導体積層部を備えた光半導体チップであれば、その趣意を問わず、本願発明を適用することが可能である。むしろ、発光ダイオードやレーザダイオードなどを構成する半導体積層部の具体的な成分も限定されない。

【0059】また、本願発明に係る光半導体チップの製造方法の各作業工程も、上記した実施形態に限定されない。化合物半導体の結晶成長に用いる基板の種類は、そ

の化合物半導体の具体的な成分内容に応じて適宜選択すればよく、GaAs基板に代えて、GaP基板、GaAlAs基板、もしくはSi基板などの半導体基板を用いてもよい。また、たとえば青色LEDを製造する場合には、アルミナ基板（サファイヤ基板）を用いてもよい。

【図面の簡単な説明】  
【図1】本願発明に係る光半導体チップの具体例としてのLEDチップを示す断面図である。

【図2】基板上に半導体積層部を作製する工程を示す要部断面図である。

【図3】半導体積層部に光反射層を作製する工程を示す要部断面図である。

【図4】半導体積層部に光反射層を介して代替支持材を接合する工程を示す要部断面図である。

【図5】結晶成長に用いられた基板を削除する工程を示す要部断面図である。

【図6】半導体積層部の表面にエッチング処理を施した状態を示す要部断面図である。

【図7】半導体積層部の表面に電極を形成した状態を示す要部断面図である。

【図8】半導体積層部および代替支持材をチップ状に切断する工程を示す要部断面図である。

【図9】図1に示すLEDチップの製造構造の一例を示す要部断面図である。

【図10】本願発明に係る光半導体チップの他の例を示す要部断面図である。

【図11】本願発明に係る光半導体チップの他の例を示す要部断面図である。

【図12】本願発明に係る光半導体チップの他の例を示す要部断面図である。

【図13】本願発明に係る光半導体チップの他の例を示す断面図である。

【図14】従来のLEDチップの一例を示す断面図である。

【符号の説明】

1、1a～1c 代替支持材

2 光反射層

3 半導体積層部（発光ダイオード）

3A 半導体積層部（レーザダイオード）

4、4a 電極

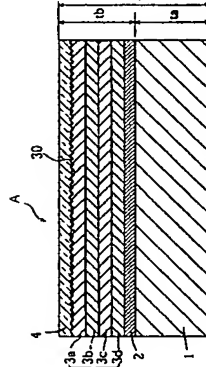
5 GaAs基板

30 表面

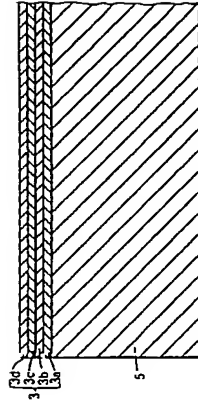
A、Aa～Ac LEDチップ（光半導体チップ）

Ad LEDチップ（光半導体チップ）

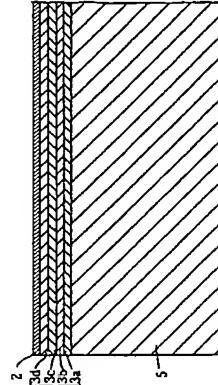
【図1】



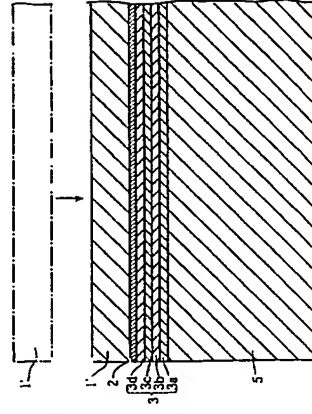
【図2】



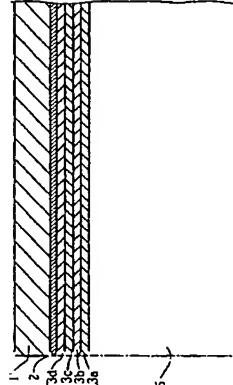
【図3】



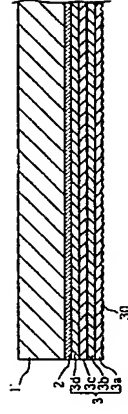
【図4】



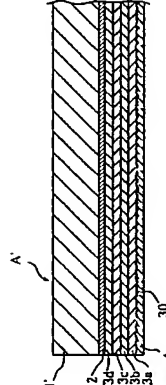
【図5】



【図6】



【図7】



【図8】

